

1.Эйхе Г.Н. Анализ структуры уравнения частот и форм колебаний прямолинейных цепных стержневых систем и свободные колебания стержневых систем и свободные колебания радиально-вантовых мостов: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – М., 1996. –183 с.

2.Солдатов К.И., Железняк Г.С., Гуржий К.В. Дослідження динаміки нерегулярних по довжинах прольотів мостових конструкцій // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ, 2004. – С.221-226.

3.Солдатов К.И., Железняк Г.С., Гуржий К.В. О жесткости опор реальных мостовых конструкций // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ, 2004. – С.154-160.

4.Железняк Г.С., Солдатов К.И. Исследование собственных колебаний квазирегулярной трехпролетной балки // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ, 2005. – С.166-173.

Получено 07.09.2007

УДК 678.5 : 62.018

А.Н.РАССОХА, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Анализируются структурно-топологических параметры фурано-эпоксидных композитов, содержащих дисперсный наполнитель (кварцевый песок, периклаз, каолин).

В настоящее время при разработке и создании функциональных полимерных композиционных материалов (ПКМ) находят применение современные методологии на основе четырех фундаментальных, взаимно дополняющих друг друга подходов: системного, синергетического, информационного и гомеостатического.

В рамках синергетического подхода возможен анализ влияния отдельных вероятностных процессов на свойства системы (композита) в целом. С применением положений информационного подхода информация рассматривается не только как мера сложности системы, но и как мера вероятностного выбора одной из возможных траекторий ее развития с целью выбора рациональной структуры композита, обладающего комплексом необходимых свойств.

Представляло интерес с позиций информационного и синергетического подходов проанализировать влияние состава фурано-эпоксидных композитов на структуру и свойства анализируемых сложных систем.

Фурано-эпоксидный ПКМ состоит из реакционноспособного олигомера (РСО), представляющего собой термомеханическую смесь фурфурол-ацетонового мономера ФАМ и эпоксидианового олигомера (ЭД-16; ЭД-20; ЭД-22), структурирующего агента, состоящего из от-

вердителей (ОТВ) аминного (полиэтиленполиамин – ПЭПА; диэтилен-триамин – ДЭТА), аминафенольного (марок Агидол АФ-2; УП-583Д; УП-583Т) типов и катализатора катионной полимеризации (КТ) типа кислот Льюиса (хлориды алюминия, железа, кобальта и др.), дисперсного наполнителя (кварцевого песка, периклаза, каолина и др.) различной степени дисперсности. В ряде случаев в состав полимерной матрицы вводятся функциональные модификаторы (МД) – каменноугольная и госсиполовая смолы, низкомолекулярный полиизобутилен, битум, фурфурамид (фурфурин) и др.

В рамках трехэлементной модели ПКМ состоит из полимерной матрицы (реакционноспособного олигомера – РСО, структурирующего агента, модификатора – в случае необходимости), межфазного слоя (МФС) и дисперсной фазы – наполнителя (НП).

Межфазный слой и его участки в ПКМ обладают различной активностью и для того, чтобы оценить это обстоятельство, взаимодействующие на границе раздела фаз компоненты в рамках информационного подхода предлагается рассматривать как множество некоторых элементов, а пограничную контактную область – МФС – как объединение множеств. Состав множества в общем случае неизвестен или недостаточно определен, поэтому в первом приближении каждый из взаимодействующих объектов (ингредиентов состава фурано-эпоксидных ПКМ) принимается за единое целое.

Количество прямых и обратных связей – число взаимодействий H можно в первом приближении считать мерой разнообразия условий, от которых зависит потенциал химического средства и возможности развития системы (ПКМ) в целом [1]:

$$H = n \cdot (n - 1)^n,$$

где n – число компонентов в соответствующем элементе ПКМ.

В табл.1, 2 приведены данные о качественном составе композитов и максимальное количество связей (прямых и обратных) в элементах фурано-эпоксидных ПКМ. Анализировались композиты: с исходной матрицей (немодифицированной), структурированной аминными и аминафенольными отвердителями (модель А); со структурно-модифицированным связующим (модели Д и Е); полимерные системы, содержащие катализатор либо в РСО (модели В и Е), либо в матрице и МФС (модель L), либо только в МФС – композите с функционально модифицированным НП (модель С). В моделях В, Е рассмотрен случай, когда в МФС вследствие селективной адсорбции концентрируются только РСО и отвердитель, а катализатор не присутствует несмотря на наличие в объемной фазе (матрице).

Таблица 1 – Качественный состав ПКМ для различных моделей

Модель композита	Состав элементов ПКМ (количество компонентов)		
	матрица	МФС	дисперсная фаза
А	PCO, ОТВ (2)	PCO, ОТВ, НП (3)	НП (1)
В	PCO, ОТВ, КТ (3)	PCO, ОТВ, НП (3)	НП (1)
С	PCO, ОТВ (2)	PCO, ОТВ, КТ, НП (4)	НП (1)
Д	PCO, ОТВ, МД (3)	PCO, ОТВ, МД, НП (4)	НП (1)
Е	PCO, ОТВ, КТ, МД (4)	PCO, ОТВ, МД, НП (4)	НП (1)
Л	PCO, ОТВ, КТ (3)	PCO, ОТВ, КТ, МД, НП (5)	НП (1)

Таблица 2 – Количество возможных взаимодействий в элементах ПКМ

Модель композита	Число взаимодействий (Н) в элементах ПКМ		
	матрица (объемная фаза)	межфазный слой	дисперсная фаза
А	2	6	1
В	6	6	1
С	2	12	1
Д	6	12	1
Е	12	12	1
Л	6	20	1

Анализ полученных данных (табл.2) показал, что направленное регулирование структурных параметров (следовательно, и комплекса прочностных и эксплуатационных свойств) фурано-эпоксидных композитов целесообразно путем варьирования характера и уровня взаимодействия ингредиентов системы преимущественно в МФС. Управляющими факторами в этом случае являются химическая природа и соотношение ингредиентов, параметры технологического процесса формирования композитов (температура, время, порядок совмещения компонентов и др.).

Перколяционный анализ морфологической структуры фурано-эпоксидных композитов осуществляли в рамках модели протекания по касающимся сферам [2-4]. Выполняли оценку вероятности осуществления геометрического фазового перехода (возникновения структуры бесконечного кластера – БК) при наличии связности большого числа элементов структуры (частиц дисперсной фазы) при условии, что связи между отдельными элементами структуры носят статистический характер [5, 6].

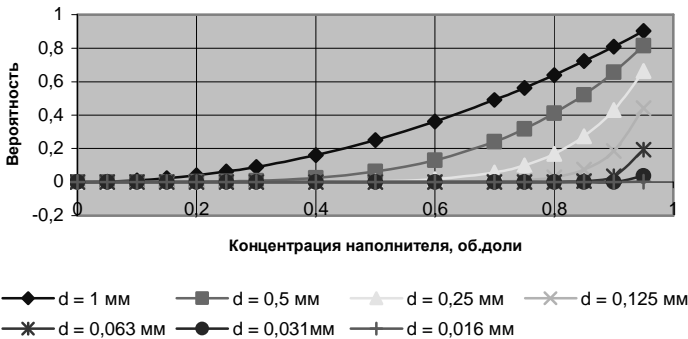
Оценку геометрического фазового перехода осуществляли, ис-

пользуя зависимость [6]:

$$P_c = P^L,$$

где P_c – вероятность геометрического фазового перехода (формирования бесконечного кластера); P – концентрация дисперсной фазы, об. доли; L – размерность перколяционной решетки, мм.

Анализ выполняли для мелкодисперсной фракции наполнителя (среднеэффективный диаметр частиц 1 мм и менее), форма частиц – сферическая (рисунок). Моделирование проводили на плоской решетке площадью 4 мм², что обеспечивало получение достоверной информации о возможных вариантах морфологической структуры фурано-эпоксидных композитов. В узлах решетки статистически расположены сферические частицы наполнителя с радиусом, обеспечивающим контакт (связь) при их расположении на соседних узлах.



Зависимость вероятности формирования БК в фурано-эпоксидном композите для наполнителей различной степени дисперсности.

Вероятность фазового перехода в значительной мере зависит от степени дисперсности наполнителя: с уменьшением диаметра частиц падает вероятность образования структуры БК в фурано-эпоксидном композите. Для дисперсного наполнителя со среднеэффективным диаметром частиц – 0,016-0,031 мм БК практически не образуется (вероятность близка к нулю), для частиц 0,061 мкм вероятность образования непрерывной структуры дисперсной фазы в полимерной матрице во всем диапазоне концентраций не превышает 0,2.

При топологическом анализе структуры полимерных композитов в рамках теории перколяции (протекание по касающимся и перекрывающимся сферам) можно оценить необходимое количество дисперсной фазы (наполнителя) в объеме композиционной системы.

В случае топологического анализа структуры фурано-эпоксидных композитов в изделиях, когда его толщина существенно меньше других геометрических параметров (например, защитные покрытия на поверхности стальных и бетонных конструкций), целесообразно использовать плоские решетки, в остальных случаях – объемные. При упорядоченной упаковке частиц в объеме можно выделить следующие типы объемных решеток: простая кубическая, объемноцентрированная кубическая, гранецентрированная кубическая; при упаковке частиц на плоскости – треугольная, квадратная и шестиугольная решетки [7].

В табл.3 приведены структурно-топологические параметры для наполненных фурано-эпоксидных композиционных систем для усредненного типа решетки: Z – среднегеометрическое значение координационного числа; $X_{св}$ и X_y – пороги перколяции (концентрация наполнителя, об. доли) соответственно по узлам и связям; f – коэффициент заполнения объема композита.

Таблица 3 – Структурно-топологические характеристики анализируемого композита

Решетка	$X_{св}$	X_y	Z	f
Плоская решетка	0,48065	0,6581	4,1605	0,7597
Объемная решетка	0,18027	0,2502	8,3208	0,6395

Значения $X_{св}$ и X_y в первом приближении характеризуют минимальное количество монофракционного наполнителя для формирования рациональной структуры фурано-эпоксидного полимерного композита. Очевидно, что порог перколяции монотонно уменьшается с увеличением размерности пространства (табл.3).

Таким образом, проведенный анализ структурно-топологических параметров фурано-эпоксидных композитов, содержащих дисперсный наполнитель, позволяет определить оптимальное соотношение полимерной матрицы и дисперсной фазы, обеспечивающей формирование рациональной структуры композитов с высоким комплексом прочностных, технологических и эксплуатационных свойств.

1.Добровольский А.Д., Лебедев В.Л. Геофизическая структура океана // Земля и Вселенная. – 1977. – № 2. – С. 46-53.

2.Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве / Под ред. В.И.Соломатова. – М.: Стройиздат, 1988.– 312 с.

3.Займан Дж. Модели беспорядка. – М.: Мир, 1982. – 591 с.

4.Челидзе Т.Л. Методы теории протекания в механике геоматериалов. – М.: Наука, 1987. – 136 с.

5.Челидзе Т.Л. Топологические аспекты статистической теории прочности // Механика композитных материалов. – 1983. – № 2. – С.238-244.

6.Гаврилюк Т.В., Ващенко Ю.М. Клейові композиції. Бутадиєнстирольні блок-співполімери з олігокарбоновими кислотами // Хімічна промисловість. – 2006. – № 4. – С.37-41.

7.Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка. – М.: Наука, 1982. – 176 с.

Получено 30.10.2007

УДК 624.137.5

В.П.КОЖУШКО, д-р техн. наук

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

РАСЧЕТ ЖЕСТКОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ ЕЕ ПОВОРОТЕ ВОКРУГ ВЕРХНЕЙ ТОЧКИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ И ВЕРТИКАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИЯХ

Приводится методика определения давлений грунта на вертикальную заднюю грань стенки и по ее подошве при ее повороте вокруг верхней точки, а также горизонтальных и вертикальных перемещениях. Показано, что эпюры давления грунта в этом случае будут криволинейны.

В работах [1-5] показано, что форма эпюр бокового давления на вертикальную грань подпорной стенки криволинейна. Известно, что эта форма зависит от вида перемещений жесткой подпорной стенки. Однако, до сих пор нет единой методики расчета жестких подпорных стенок при различных видах ее перемещений. Нет решений, которые бы одновременно учитывали совместную работу стенки с грунтом как у задней грани стенки, так и по подошве ее фундамента.

Нами предлагается метод расчета, в котором предполагается, что стенка одновременно контактирует с грунтом своей задней вертикальной гранью и фундаментом. Модель грунта у вертикальной стенки принята в виде линейно-деформируемой четвертьплоскости [6] или в виде предложенной нами комбинированной модели, представляющей собой винклеровский слой, лежащий на линейно-деформируемой четвертьплоскости [7-9]. Подошва фундамента контактирует с грунтовым основанием, описываемым линейно-деформируемой полуплоскостью или комбинированным основанием в виде винклеровского слоя, лежащего на линейно-деформируемой полуплоскости.

При решении задачи используется смешанный метод строительной механики, разработанный Б.Н.Жемочкиным. Вертикальная стенка и подошва фундамента разбиваются на пять равных участков длиной, равной $c_1=h/5$ у вертикальной стенки и $c_2=l/5$ по подошве фундамента (рис.1).

В серединах участков между подпорной стенкой и грунтом ставятся деформируемые стерженьки (рис.1, б) при использовании комбинированных моделей оснований и абсолютно жесткие стерженьки